

**OLAHAN AIR SISA PUSAT PENYEMBELIHAN AYAM
MENGUNAKAN ELEKTROD KELULI TAHAN KARAT DAN
ALUMINUM MELALUI PROSES GABUNGAN ELEKTRO-
PENGUMPALAN DAN PENGELOMPOKAN DAN
PENGUMPALAN DENGAN MENGGUNAKAN ALUMINUM
SULFAT DAN POLI-ALUMINUM KLORIDA**

KHAIRUDIN BIN SAKURY

Tesis ini dikemukakan sebagai memenuhi
syarat penganugerahan

Ijazah Sarjana Kejuruteraan Awam

Fakulti Kejuruteraan Awam dan Alam Sekitar Universiti
Tun Hussein Onn Malaysia

Tarikh :

DEDIKASI

*Tatapan khas buat Emak dan Abah yang ku sayangi..
Terima kasih di atas segala jasa dan pengorbanan yang telah kalian berikan,
Moga Allah SWT jua yang mampu membalas jasa kalian..
Moga kalian tabah menghadapi ujian dan dugaan hidup ini Di
samping tetap teguh dengan pendirian aqidah kita..*

*Buat saudara-saudara ku..
Kalian amat bermakna dalam hidup ku..
Walau kita semua berlainan..
Tapi ikatan yang terjalin sejak kecil tidak akan ku lupakan selamanya..
Moga kalian mendapat lebayung Rahmat Allah SWT dalam setiap tindakan kalian*

*Buat sahabat handai ku..
Terima kasih atas semangat dan dorongan yang telah kalian berikan..
Walau kadang ku terasa lemah untuk meneruskan perjuangan ini..
Namun semangat dan dorongan kalian, ku akan tetap meneruskan perjuangan ini..
Moga kalian juga sentiasa mendapat Rahmat Allah SWT..*

Khairudin Sakury

Sarjana Kejuruteraan Awam, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia **PENGHARGAAN**

Salam penghargaan dan kesyukuran dipanjatkan kepada Ilahi. Dengan nama Allah yang Maha Pemurah lagi Maha Pengasih. Saya bersyukur kehadiran Ilahi kerana dengan keiznin-Nya saya dapat menyiapkan Projek Sarjana Kejuruteraan Awam dengan sempurna walau terdapat banyak kekangan dan cabaran yang perlu saya lalui. Dikesempatan yang singkat ini saya ingin merakamkan setinggi penghargaan buat insan yang telah memberikan bantuan dan kerjasama dalam menyiapkan projek ini.

Penghargaan pertama saya tujukan buat Prof Madya Dr. Zawawi bin Daud, selaku penyelia projek ini yang telah memberikan saya bimbingan, panduan dan tunjuk ajar yang amat bermakna buat saya. Tidak lupa juga kepada panel yang telah memeriksa tesis saya ini sehingga ke titik perjuangan terakhir.

Seterusnya penghargaan ini ditujukan buat keluarga saya terutamanya emak, Pn. Missinah bt. Salamon dan abah, En. Sakury bin Hj. Noor yang telah memberikan semangat dan motivasi untuk saya terus menyiapkan projek ini. Tidak lupa juga kepada adik-beradik saya yang turut memahami situasi saya dan sentiasa memberikan semangat buat saya untuk terus menyiapkan projek ini.

Penghargaan ini juga ditujukan juga buat sahabat handai saya yang sentiasa berada di belakang saya memberikan sepenuh komitmen dan semangat kepada saya untuk terus maju bagi menyiapkan projek ini.

Akhir sekali, penghargaan ini ditujukan buat insan yang terlibat secara langsung atau tidak sepanjang perlaksanaan projek ini. Sesungguhnya hanya ucapan jutaan penghargaan mampu saya berikan, namun percayalah semua ini akan mendapat ganjaran yang setimpal dari Ilahi, in sha Allah.

Terima kasih.

ABSTRAK

Air sisa yang terhasil daripada proses penyembelihan adalah tidak sesuai digunakan dalam perindustrian, pertanian dan urusan seharian. Salah satu kaedah olahan yang boleh digunakan untuk merawat air sisa ini adalah kaedah elektro-penggumpalan, di

mana kaedah ini dapat mengurangkan penggunaan bahan kimia terhadap air sisa ini. Objektif utama kajian ini adalah untuk mengkaji tahap keberkesanan kaedah elektropenggumpalan terhadap olahan air sisa dari pusat penyembelihan ayam. Kaedah elektro-penggumpalan ditentukan dengan elektrod aluminium (Al) dan keluli tahan karat (St) yang di susun dengan empat susunan yang berbeza iaitu St^+-St^- , Al^+-Al^- , St^+-Al^- dan Al^+-St^- . Disamping itu, aluminium sulfat (alum) dan polialuminium klorida (PAC) turut digunakan sebagai pemangkin agen penggumpalan. Lima pemboleh ubah yang berbeza digunakan iaitu ketumpatan arus elektrik, jarak antara elektrod, pH awalan, masa tindak balas dan masa enapan bagi menentukan nilai optimum peratusan penyingkiran keperluan oksigen kimia (COD), pepejal terampai (SS), nitrogen ammonia (NH_3-N), kekeruhan dan warna. Penentuan saiz flok sebelum dan selepas olahan juga ditentukan. Berdasarkan keputusan kajian, susunan elektrod Al^+-Al^- memberikan peratusan penyingkiran terbaik berbanding susunan lain. Nilai optimum ketumpatan arus elektrik, jarak antara elektrod, pH awalan, masa tindak balas dan masa enapan masing-masing adalah $25 A/m^2$, 5 cm, 5, 75 min dan 40 min. Manakala, peratusan penyingkiran yang diperolehi bagi COD, SS, NH_3N , warna dan kekeruhan masing-masing adalah 90.03%, 94.46%, 62.03%, 95.68% dan 94.96%. Susunan elektrod St^+-Al^- dengan dos 1000 mg/L agen penggumpal polialuminium klorida (PAC) memberikan bacaan dos optimum terbaik berbanding susunan lain di mana penyingkiran yang diperolehi bagi COD, SS, NH_3-N , warna dan kekeruhan masing-masing adalah 94.61%, 97.83%, 76.13%, 99.00% dan 98.62%. Kesimpulannya, kaedah elektro-penggumpalan dapat mengolah air sisa pusat penyembelihan ayam dengan berkesan.

ABSTRACT

Wastewater from slaughtering process was not suitable to be used in industrial, agricultural and daily life purpose. One of the treatment method that can be used to treat this waste water is electro-coagulation, where this method will reduce the chemical usage to treat this waste water. The main objective of this study is to identify the effectiveness of electro-coagulation method to treat wastewater from chicken

slaughtering process. Electro-coagulation method was determined by aluminum (Al) and stainless steel (St) electrodes with four different orientations which were St^+-St^- , Al^+-Al^- , St^+-Al^- and Al^+-St^- . In addition, aluminium sulphate (alum) and polyaluminum chloride (PAC) were also used as flocculant agent. Five different variables had been used; electric current density, distance between electrode, initial pH, reaction time and settling time to determine the optimum percentage of removal of chemical oxygen demand (COD), total suspended solids (SS), ammoniacal nitrogen (NH_3-N), colour and turbidity. Determination of particle size floc that generated before and after treatment were also determined. Based on the result, the orientation of Al-Al gave the best optimum removal percentage compared to others. The optimum value for the electric current density, distance between electrode, initial pH, reaction time and settling time were 25 A/m², 5 cm, 5, 75 min and 40 min respectively. Meanwhile, the removal percentage that obtained for COD, SS, NH_3-N , colour and turbidity were 90.03%, 94.46%, 62.03%, 95.68% and 94.96% respectively. The orientation of St-Al with the dosage of 1000 mg/L polyaluminium chloride (PAC) flocculant gives the best optimum readings than others, where the removal percentage that obtained for chemical oxygen demand (COD), total suspended solids (SS), ammoniacal nitrogen (NH_3-N), colour and turbidity are 94.61%, 97.83%, 76.13%, 99.00% and 98.62% respectively. In conclusion, electro-coagulation method can treat the wastewater from slaughtering process in the good way.

ISI KANDUNGAN

		vii
TAJUK		i ii
PENGAKUAN		iii
DEDIKASI		iv
PENGHARGAAN		v vi
ABSTRAK		vii
ABSTRACT		xiii
ISI KANDUNGAN		
SENARAI JADUAL		xv xix
SENARAI RAJAH		
SENARAI SIMBOL/SINGKATAN/ISTILAH		
BAB 1		
PENDAHULUAN		1
1.0 Pengenalan		1
1.1 Pernyataan Masalah		3
1.2 Kepentingan Kajian		6
1.3 Objektif Kajian		7
1.4 Skop Kajian		8
BAB 2		
KAJIAN LITERATUR		9
2.0 Pengenalan		9

	viii
2.1 Pusat penyembelihan haiwan di Malaysia	10
2.2 Air sisa pusat penyembelihan haiwan	15
2.3 Proses penyembelihan ayam	16
2.4 Sistem olahan pusat penyembelihan haiwan	23
2.4.1 Olahan awalan	23
2.4.2 Olahan primer	24
2.4.3 Olahan sekunder	26
2.4.3.1 Olahan anaerobik	28
2.4.3.2 Olahan anaerobik berkadar rendah	29
2.4.3.3 Olahan anaerobik berkadar tinggi	30
2.4.4 Olahan tertier	34
2.5 Elektro-penggumpalan	34
2.5.1 Proses elektro-penggumpalan	35
2.5.2 Olahan air sisa melalui kaedah elektropenggumpalan	40
2.5.3 Olahan air sisa pusat penyembelihan haiwan menggunakan kaedah elektro-penggumpalan	43
2.6 Piawaian kualiti air sisa di Malaysia	45
BAB 3	
METODOLOGI	48
3.0 Pengenalan	48
3.1 Lokasi pengambilan sampel	50
3.2 Pengambilan dan penyimpanan sampel	51
3.3 Sistem olahan elektro-penggumpalan	53
3.4 Peralatan dan analisis	54
3.5 Reagen / bahan kimia	54
3.6 Penentuan optimum	54
3.6.1 Penentuan optimum ketumpatan arus elektrik	55
3.6.2 Penentuan optimum jarak antara elektrod	56
3.6.3 Penentuan optimum pH awalan	57
3.6.4 Penentuan optimum masa tindakbalas	57
3.6.5 Penentuan optimum masa enapan	58
3.6.6 Penentuan optimum dos aluminum sulfat (mg/L)	59

3.6.7 Penentuan optimum dos polialuminium klorida, PAC (mg/L)	60
3.6.8 Penentuan saiz partikel	61
3.7 Prosedur Analisis	61
3.7.1 pH (Kaedah APHA 4500 H ⁺ B)	62
3.7.2 Keperluan Oksigen Kimia, COD (Kaedah APHA 5220 B)	62
3.7.3 Pepejal terampai, SS (Kaedah APHA 2540 D)	63
3.7.4 Nitrogen ammonia (Kaedah APHA 4500 NH ₃ B C)	63
3.7.5 Kekeruhan (Kaedah APHA 2130 B)	64
3.7.6 Warna (Kaedah APHA 2120 C)	65

BAB 4 KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

4.0 Pengenalan	66
4.1 Ciri-ciri air sisa pusat penyembelihan ayam	66
4.2 Olahan elektro-penggumpalan	67
4.2.1 Olahan elektro-penggumpalan menggunakan elektrod Al-Al	67
4.2.1.1 Penentuan nilai optimum ketumpatan arus elektrik	68
4.2.1.2 Penentuan nilai optimum jarak antara elektrod	69
4.2.1.3 Penentuan nilai optimum pH awalan	70
4.2.1.4 Penentuan nilai optimum masa tindakbalas	71
4.2.1.5 Penentuan nilai optimum masa enapan	72
4.2.1.6 Penentuan saiz partikel terhadap olahan elektropenggumpalan menggunakan elektrod Al-Al	73
4.2.2 Olahan elektro-penggumpalan menggunakan elektrod St-St	74
4.2.2.1 Penentuan nilai optimum ketumpatan arus elektrik	74
4.2.2.2 Penentuan nilai optimum jarak antara elektrod	75
4.2.2.3 Penentuan nilai optimum pH awalan	77
4.2.2.4 Penentuan nilai optimum masa tindakbalas	79

4.2.2.5 Penentuan nilai optimum masa enapan	80
4.2.2.6 Penentuan saiz partikel terhadap olahan elektropenggumpalan menggunakan elektrod St-St	81
4.2.3 Olahan elektro-penggumpalan menggunakan elektrod $Al^{+}-St^{-}$	83
4.2.3.1 Penentuan nilai optimum ketumpatan arus elektrik	83
4.2.3.2 Penentuan nilai optimum jarak antara elektrod	84
4.2.3.3 Penentuan nilai optimum pH awalan	86
4.2.3.4 Penentuan nilai optimum masa tindakbalas	87
4.2.3.5 Penentuan nilai optimum masa enapan	88
4.2.3.6 Penentuan saiz partikel terhadap olahan elektropenggumpalan menggunakan elektrod Al-St	90
4.2.4 Olahan elektro-penggumpalan menggunakan elektrod $St^{+}-Al^{-}$	91
4.2.4.1 Penentuan nilai optimum ketumpatan arus elektrik	93
4.2.4.2 Penentuan nilai optimum jarak antara elektrod	94
4.2.4.3 Penentuan nilai optimum pH awalan	95
4.2.4.4 Penentuan nilai optimum masa tindakbalas	97
4.2.4.5 Penentuan nilai optimum masa enapan	98
4.2.4.6 Penentuan saiz partikel terhadap olahan elektropenggumpalan menggunakan elektrod St-Al	99
4.3 Olahan pengelompokan dan penggumpalan	99
4.3.1 Olahan pengelompokan dan penggumpalan menggunakan dos aluminum sulfat (mg/L)	99
4.3.1.1 Penentuan nilai optimum dos aluminum sulfat (mg/L) menggunakan elektrod Al-Al	100
4.3.1.2 Penentuan nilai optimum dos aluminum sulfat (mg/L) menggunakan elektrod St-St	102
4.3.1.3 Penentuan nilai optimum dos aluminum sulfat (mg/L) menggunakan elektrod $Al^{+}-St^{-}$	

4.3.1.4 Penentuan nilai optimum dos aluminum sulfat (mg/L) menggunakan elektrod $\text{St}^+ - \text{Al}^-$	103
4.3.1.5 Analisis saiz partikel olahan pengelompokan dan penggumpalan menggunakan dos aluminum sulfat (mg/L) sebagai agen penggumpalan.	104
4.3.2 Olahan pengelompokan dan penggumpalan menggunakan dos polialuminum klorida, PAC (mg/L)	105
4.3.2.1 Penentuan nilai optimum dos polialuminum klorida, PAC (mg/L) menggunakan elektrod AlAl	106
4.3.2.2 Penentuan nilai optimum dos polialuminum klorida, PAC (mg/L) menggunakan elektrod StSt	108
4.3.2.3 Penentuan nilai optimum dos polialuminum klorida (mg/L) menggunakan elektrod $\text{Al}^+ - \text{St}^-$	109
4.3.2.4 Penentuan nilai optimum dos polialuminum klorat (mg/L) menggunakan elektrod $\text{St}^+ - \text{Al}^-$	110
4.3.2.5 Analisis saiz partikel olahan pengelompokan dan penggumpalan menggunakan dos aluminum sulfat (mg/L) sebagai agen penggumpalan.	111
BAB 5 KESIMPULAN	113
5.1 Kesimpulan	113
5.2 Cadangan kajian masa hadapan	117
RUJUKAN	119
LAMPIRAN A	131
LAMPIRAN B	139
LAMPIRAN C	147
LAMPIRAN B	140
VITA	222

SENARAI JADUAL

- 2.1 Pengeluaran hasil ternakan Malaysia 2004 – 2013 (sumber : 11
Jabatan Perkhidmatan Veterinar)
- 2.2 Pengeluaran Tertinggi bagi komoditi ternakan Daging Ayam 12
Di Asia, 2012 (Jabatan Perangkaan Malaysia, 2014)
- 2.3 Bilangan ternakan di Malaysia pada 2009-2013 (Jabatan 13
Perkhidmatan Veterinar)
- 2.4 Penggunaan per kapita hasil ternakan Malaysia, 2004-2013 14
(Jabatan Perkhidmatan Veterinar)
- 2.5 Perbezaan utama antara olahan aerobik dan anaerobik (Mittal, 27
2006)
- 2.6 Syarat-syarat yang boleh diterima bagi pembuangan efluen 46 perindustrian atau
efluen bercampur bagi standard A dan B
(AKAS 1974, 2013)
- 2.7 Syarat-syarat yang boleh diterima bagi pembuangan efluen 47 perindustrian yang
mengandungi keperluan oksigen kimia
(COD) bagi sektor atau industri tertentu (AKAS 1974, 2013)
- 3.1 Ringkasan penentuan keadaan optimum untuk proses elektro- 59
penggumpalan
- 4.1 Ciri-ciri kepekatan parameter air sisa pusat penyembelihan 67 ayam
- 4.2 Saiz partikel olahan elektro-penggumpalan menggunakan 74 elektrod Al-Al
- 4.3 Saiz partikel olahan elektro-penggumpalan menggunakan 82 elektrod St-St
- 4.4 Saiz partikel olahan elektro-penggumpalan menggunakan 91 elektrod Al-St
- 4.5 Saiz partikel olahan elektro-penggumpalan menggunakan 98 elektrod St-Al
- 4.6 Saiz partikel olahan elektro-penggumpalan menggunakan dos 105 aluminum
sulfat (mg/L)
- 4.7 Saiz partikel olahan elektro-penggumpalan menggunakan dos 112 polialuminum
klorida, PAC (mg/L)



SENARAI RAJAH

2.1	Proses pemprosesan daging ayam di Kilang Memproses Ayam Poultry & Meat Sdn. Bhd.	17	PPNJ
2.2	Carta aliran proses penghasilan daging ayam	22	
2.3	Prinsip elektro-penggumpalan (Ni'am <i>et al.</i> , 2007)	38	
3.1	Carta alir olahan air sisa pusat penyembelihan ayam menggunakan kaedah elektro-penggumpalan	49	
3.2	Pusat penyembelihan ayam, PPNJ Poultry & Meat Sdn. Bhd., Ayer Hitam, Johor	50	
3.3	Loji olahan air sisa pusat penyembelihan ayam , PPNJ Poultry & Meat Sdn. Bhd., Ayer Hitam, Johor	51	
3.4	Rajah skematik olahan proses kaedah elektro-penggumpalan	53	
4.1	Peratus penyingkiran COD, SS, nitrogen ammonia, warna dan kekeruhan bagi ketumpatan arus elektrik menggunakan elektrod Al-Al	68	
4.2	Peratus penyingkiran COD, SS, nitrogen ammonia, warna dan kekeruhan bagi jarak antara elektrod dengan menggunakan elektrod Al-Al	69	
4.3	Peratus penyingkiran COD, SS, nitrogen ammonia, warna dan kekeruhan bagi pH awalan dengan menggunakan elektrod AlAl	71	
4.4	Peratus penyingkiran COD, SS, nitrogen ammonia, warna dan kekeruhan bagi penentuan masa tindakbalas dengan menggunakan elektrod Al-Al	72	
4.5	Peratus penyingkiran COD, SS, nitrogen ammonia, warna dan kekeruhan bagi penentuan masa enapan dengan menggunakan elektrod Al-Al	73	

- 4.6 Peratus penyingkiran COD, SS, nitrogen ammonia, warna dan 75
kekeruhan bagi penentuan ketumpatan arus elektrik dengan menggunakan elektrod St-St
- 4.7 Peratus penyingkiran COD, SS, nitrogen ammonia, warna dan 77
kekeruhan bagi penentuan jarak optimum dengan menggunakan elektrod St-St
- 4.8 Peratus penyingkiran COD, SS, nitrogen ammonia, warna dan 78
kekeruhan bagi penentuan pH awalan optimum dengan menggunakan elektrod St-St
- 4.9 Peratus penyingkiran COD, SS, nitrogen ammonia, warna dan 80
kekeruhan bagi penentuan masa tindakbalas optimum dengan menggunakan elektrod St-St
- 4.10 Peratus penyingkiran COD, SS, nitrogen ammonia, warna dan 81
kekeruhan bagi penentuan masa enapan optimum dengan menggunakan elektrod St-St
- 4.11 Peratus penyingkiran COD, SS, nitrogen ammonia, warna dan 84
kekeruhan bagi penentuan ketumpatan arus elektrik optimum dengan menggunakan elektrod Al-St
- 4.12 Peratus penyingkiran COD, SS, nitrogen ammonia, warna dan 85
kekeruhan bagi penentuan jarak optimum dengan menggunakan elektrod Al-St
- 4.13 Peratus penyingkiran COD, SS, nitrogen ammonia, warna dan 87
kekeruhan bagi penentuan jarak optimum dengan menggunakan elektrod Al-St
- 4.14 Peratus penyingkiran COD, SS, nitrogen ammonia, warna dan 88
kekeruhan bagi penentuan masa tindak balas optimum dengan menggunakan elektrod Al-St
- 4.15 Peratus penyingkiran COD, SS, nitrogen ammonia, warna dan 89
kekeruhan bagi penentuan masa enapan optimum dengan menggunakan elektrod Al-St

- Peratus penyingkiran COD, SS, nitrogen ammonia, warna dan
- 4.16 Peratus penyingkiran COD, SS, nitrogen ammonia, warna dan 92
kekeruhan bagi penentuan ketumpatan arus elektrik optimum dengan
menggunakan elektrod St-Al
- 4.17 93
kekeruhan bagi penentuan jarak optimum dengan menggunakan
elektrod St-Al
- 4.18 Peratus penyingkiran COD, SS, nitrogen ammonia, warna dan
95 kekeruhan bagi penentuan pH awalan optimum dengan menggunakan
elektrod St-Al
- 4.19 Peratus penyingkiran COD, SS, nitrogen ammonia, warna dan
96 kekeruhan bagi penentuan masa tindak balas optimum dengan
menggunakan elektrod St-Al
- 4.20 Peratus penyingkiran COD, SS, nitrogen ammonia, warna dan
97 kekeruhan bagi penentuan masa enapan optimum dengan menggunakan
elektrod St-Al
- 4.21 Peratus penyingkiran COD, SS, nitrogen ammonia, warna dan
100 kekeruhan bagi penentuan dos optimum alum dengan menggunakan
elektrod Al-Al
- 4.22 Peratus penyingkiran COD, SS, nitrogen ammonia, warna dan
102 kekeruhan bagi penentuan dos optimum alum dengan menggunakan
elektrod St-St
- 4.23 Peratus penyingkiran COD, SS, nitrogen ammonia, warna dan
103 kekeruhan bagi penentuan dos optimum alum dengan menggunakan
elektrod Al-St
- 4.24 Peratus penyingkiran COD, SS, nitrogen ammonia, warna dan
104 kekeruhan bagi penentuan dos optimum alum dengan menggunakan
elektrod St-Al
- 4.25 Peratus penyingkiran COD, SS, nitrogen ammonia, warna dan
107 kekeruhan bagi penentuan dos optimum alum dengan menggunakan
elektrod Al-Al

- Peratus penyingkiran COD, SS, nitrogen ammonia, warna dan
- 4.26 Peratus penyingkiran COD, SS, nitrogen ammonia, warna dan 109
kekeruhan bagi penentuan dos optimum alum dengan menggunakan elektrod
St-St
- 4.27 Peratus penyingkiran COD, SS, nitrogen ammonia, warna dan 110
kekeruhan bagi penentuan dos optimum alum dengan menggunakan elektrod
Al-St
- 4.28 111
kekeruhan bagi penentuan dos optimum alum dengan menggunakan
elektrod St-Al



PTTA UTHM
PERPUSTAKAAN TUNKU TUN AMINAH

Peratus penyingkiran COD, SS, nitrogen ammonia, warna dan



SENARAI SIMBOL/SINGKATAN/TATANAMA/ISTILAH

%	Peratus
A/m ²	Ampere per meter kuasa dua
AKAS	Akta Kualiti Alam Sekeliling 1974
A	Ampere
Al	Aluminum
BOD	Keperluan oksigen biokimia (<i>Biochemical Oxygen Demand</i>)
cm	sentimeter
CO ₂	Karbon dioksida
COD	Keperluan oksigen kimia (<i>Chemical Oxygen Demand</i>)
CH ₄	Gas metana
DC	Arus terus (<i>Direct current</i>)
<i>in situ</i>	Di tapak lokasi
EC	Elektro-penggumpalan (<i>Electro-coagulation</i>)
EPA	Agensi Pengawalan Persekitaran (<i>Environmental Protection Agency</i>)
H ₂ SO ₄	Asid sulfurik
L	Liter
kg	Kilogram
m	Meter
mg/L	Miligram per liter
min	Minit
mL	Mililiter
μm	Mikrometer
mm	Milimeter
N	Nitrogen
NaOH	Natrium hidroksida
NH ₃ -N	Nitrogen ammonia (<i>Ammoniacal nitrogen</i>)
NTU	Unit kekeruhan Naftelometrik (<i>Naphleometric Turbidity Unit</i>)

P	Fosforus (<i>Phosphorus</i>)
PAC	Polialuminium klorida (<i>Polyaluminium chloride</i>)
PPNJ	Pertubuhan Peladang Negeri Johor
PSA	Penganalisis saiz partikel (<i>Particle Size Analyzer</i>)
PtCo	Platinum – Cobalt
Rpm	Putaran per minit (<i>Rotation per minute</i>)
SS	Pepejal terampai (<i>Suspended solids</i>)
St	Keluli tahan karat (<i>stainless steel</i>)
TDS	Jumlah pepejal terlarut (<i>Total dissolved solids</i>)
TSS	Jumlah pepejal terampai (<i>Total suspended solids</i>)
UTHM	Universiti Tun Hussein Onn Malaysia
Volt	Voltan



PTTA UTHM
PERPUSTAKAAN TUNKU TUN AMINAH

BAB 1

PENDAHULUAN

1.0 Pengenalan

Populasi kependudukan Malaysia semakin berkembang dengan pesatnya seiring dengan pembangunan negara yang semakin rancak. Berdasarkan maklumat bancian kependudukan Malaysia yang diperolehi daripada Jabatan Perangkaan Malaysia tahun 2010, jumlah penduduk Malaysia pada tahun 1980, 1991, 2000 dan 2010 masing-masing adalah sejumlah 13.1 juta, 17.6 juta, 22.2 juta dan 27.6 juta. Berdasarkan peningkatan jumlah penduduk Malaysia yang begitu pesat, permintaan ke atas keperluan makanan juga turut mengalami kesan yang sama. Menurut Tey *et al.* (2008), peningkatan keperluan makanan yang berasaskan daging ini turut meningkat selaras dengan peningkatan cara hidup penduduk Malaysia. Ini disebabkan pelbagai nutrien yang diperlukan oleh tubuh badan manusia terdapat dalam makanan yang bersumberkan daging seperti protein, vitamin B12, vitamin D, asid lemak Omega 3 dan mineral (Ismail & Abdul Hamid, 2011). Sumber vitamin dan mineral ini sangat diperlukan oleh manusia bagi membekalkan tenaga yang diperlukan kepada pertumbuhan seseorang.

Pertambahan jumlah penduduk Malaysia yang semakin pesat ini menyebabkan bertambahnya citarasa makanan masyarakat Malaysia. Kemajuan yang sedang dinikmati ini juga menyebabkan teknologi pemakanan turut mengalami perubahan yang sama seiring dengan pembangunan negara. Tenaga akan dihasilkan daripada lebih protein dan lemak melalui makanan yang bersumberkan daging (Ismail & Abdul Hamid, 2011). Selaras dengan permintaan daging haiwan

ini, pusat penyembelihan mengambil peranan penting bagi memastikan permintaan terhadap daging haiwan ini dapat dipenuhi dengan sebaiknya. Pusat penyembelihan haiwan turut berkembang pesat, sehingga setiap tempat tumpuan orang ramai pastinya terdapat sebuah pusat yang menjalankan aktiviti penyembelihan haiwan. Di Malaysia khususnya, pusat penyembelihan haiwan ini sentiasa beroperasi tanpa mengira masa dan keadaan. Justeru, permintaan yang tinggi terhadap daging haiwan ini menyebabkan pusat penyembelihan haiwan sentiasa tidak dapat memenuhi keperluan manusia yang semakin meningkat dari hari ke hari.

Isu pencemaran air dari pusat penyembelihan haiwan ini merupakan salah satu kesan negatif yang wujud. Ini disebabkan kandungan air sisa tersebut yang mengandungi unsur darah, lemak dan minyak. Ditambah pula dengan keadaan air tersebut yang kotor dengan bahan yang berunsurkan darah dan berbau busuk. Menurut Budiyo *et al.* (2010), air sisa dari pusat penyembelihan haiwan mengandungi unsur organik pelarut dan bukan pelarut yang akan memberikan kesan mudarat ke atas alam sekeliling dan kesihatan hidupan sejagat jika digunakan.

Selaras dengan arus pemodenan dunia yang kian meningkat, isu pencemaran air sisa telah menjadi salah satu masalah utama yang sering diperkatakan di manamana media dan saluran, sama ada air sisa itu berpunca dari sektor perindustrian, pertanian, sistem pembentungan, aktiviti seharian dan sebagainya. Ini disebabkan air merupakan salah satu keperluan manusia yang perlu diselenggara dan diuruskan dengan sempurna dan berkesan supaya air tersebut boleh digunakan semula sama ada bagi tujuan perindustrian, urusan seharian, pertanian dan sebagainya. Tanpa air, ekosistem di dunia tidak mungkin dapat meneruskan kemandirian dan kehidupan mereka dengan baik dan sempurna. Justeru bagi menjamin kualiti air yang benarbenar bersih dan sesuai digunakan untuk urusan seharian, sistem olahan air sisa adalah sangat penting untuk mengurangkan bahan organik yang memberi mudarat demi memastikan kualiti air sentiasa berada pada tahap selamat dan bersih untuk digunakan (Bazrafshan *et al.*, 2012).

Olahan air sisa pusat penyembelihan haiwan merupakan salah satu olahan yang masih belum mendapat liputan menyeluruh. Justeru, kajian yang mendalam dan menyeluruh terhadap air sisa yang terhasil daripada pusat penyembelihan haiwan haruslah diberikan perhatian khusus. Kajian ini memberi fokus utama kepada air sisa yang terhasil daripada pusat penyembelihan ayam. Air sisa yang terhasil daripada

proses penyembelihan haiwan ini mempunyai tahap organik yang sangat tinggi (AlMutairi *et al.*, 2004) dan sangat berbahaya jika digunakan untuk tujuan pertanian, urusan seharian dan sebagainya.

Selaras dengan perkembangan teknologi yang kian pesat, pelbagai penemuan baru terhadap kaedah olahan air sisa telah berjaya ditemui oleh para penyelidik, namun kaedah olahan air sisa dari pusat penyembelihan haiwan khususnya penyembelihan ayam sangat sedikit. Kajian ini memberikan fokus terhadap keberkesanan olahan air sisa dari pusat penyembelihan ayam dengan menggunakan kaedah elektro-penggumpalan.

1.1 Pernyataan Masalah

Menurut Tey *et al.* (2008), pola pemakanan rakyat Malaysia telah berubah dengan menjadikan produk berasaskan daging sebagai makanan utama. Bagi menampung permintaan keperluan makanan yang berasaskan daging yang kian meningkat, pusat penyembelihan haiwan juga turut meningkatkan pengeluaran produk bagi menampung keperluan ini. Menurut Ismail & Abdul Hamid (2011) daging diklasifikasikan kepada tiga kumpulan iaitu daging merah seperti lembu, kambing dan babi, daging putih seperti ayam dan turki serta daging yang telah mengalami pemprosesan seperti daging yang telah diasap dan disalai seperti bakon dan sosej serta daging yang telah ditinkan.

Menurut Wan Abdul Manan *et al.* (2012) daging ayam merupakan salah satu makanan yang paling banyak dimakan oleh rakyat Malaysia sama ada penduduk bandar dan luar bandar. Di Malaysia, penggunaan daging ayam sebagai makanan dilihat meningkat dari 36 kg ke 39 kg penggunaan per kapita dari tahun 2000 hingga tahun 2011. Peningkatan penggunaan daging ayam ini adalah disebabkan kesesuaian daging untuk pelbagai aktiviti, kos yang agak rendah berbanding daging lain, penerimaan daging ayam untuk semua agama dan peningkatan pendapatan isi sesebuah rumah.

Berdasarkan kajian yang dilakukan oleh Jayaraman *et al.* (2013) masyarakat dunia menggunakan daging ayam secara meluas dan menjadikan daging ayam sebagai

hidangan utama dalam sajian mereka. Selaras dengan peningkatan terhadap permintaan produk yang berasaskan daging ayam ini, pusat penyembelihan ayam juga turut mengalami kesan yang sama. Keperluan daging ayam yang semakin bertambah dari masa ke semasa menyebabkan perkhidmatan ini juga turut bertambah.

Pusat penyembelihan haiwan yang wujud bagi menampung keperluan makanan manusia telah memberikan pelbagai implikasi kepada penduduk setempat. Kajian ini memberikan penekanan utama terhadap air sisa yang terhasil daripada pusat penyembelihan haiwan. Aktiviti penyembelihan haiwan merupakan salah satu industri pertanian berasaskan haiwan yang menghasilkan air sisa bahan organik larut dan tidak larut dengan kapasiti yang besar (Budiyo *et al.*, 2010). Air sisa ini kebiasaannya adalah percampuran air antara proses penyembelihan dan pembersihan organ dalaman haiwan yang menyebabkan penghasilan bahan organik yang berkapasiti besar (Bazrafshan *et al.*, 2012).

Di Malaysia umumnya, terdapat banyak pusat penyembelihan haiwan yang beroperasi bagi memenuhi keperluan makanan penduduk yang kian bertambah dari masa ke semasa, tetapi pengurusan air sisa yang terhasil dari pusat penyembelihan haiwan ini tidak dititik beratkan (Bazrafshan *et al.*, 2012). Kebanyakan pusat penyembelihan haiwan melepaskan air sisa yang terhasil tanpa melalui proses olahan yang sempurna. Pelbagai kemungkinan yang wujud jika pengurusan air sisa ini tidak dikawal dan diselenggara dengan sempurna. Antara masalah utama yang berlaku berkaitan permasalahan ini ialah masalah pencemaran air dan masalah bau.

Keadaan dan kandungan setiap air sisa pusat penyembelihan haiwan adalah berbeza antara satu sama lain. Air sisa dari pusat penyembelihan haiwan yang tidak diolah akan menimbulkan beberapa implikasi yang buruk terhadap sesuatu sistem lain (Bazrafshan *et al.*, 2012). Ini disebabkan air sisa ini mempunyai kandungan organik yang sangat tinggi seperti keperluan oksigen biokimia (BOD), keperluan oksigen kimia (COD), nitrogen dan fosforus yang bergantung kepada kehadiran bahan organik seperti darah, lemak, minyak dan protein yang wujud di dalam jasad air sisa tersebut (Bayar *et al.*, 2011). Justeru, olahan air sisa pusat penyembelihan haiwan adalah sangat mustahak untuk menghalang kehadiran bahan organik yang akan menyebabkan pencemaran kepada sistem lain.

Di Malaysia khususnya, pengkajian terhadap air sisa dari pusat penyembelihan haiwan terutamanya ayam kurang dijalankan oleh para penyelidik tempatan. Ini

disebabkan tiadanya peraturan spesifik yang mewartakan air sisa yang berpunca dari pusat penyembelihan haiwan ini di Malaysia. Melalui Akta Kualiti Alam Sekeliling 1974 yang telah diwartakan hanya air sisa yang berpunca dari proses kumbahan, effluen perindustrian, air sisa dari pemprosesan minyak kelapa sawit mentah dan getah asli mentah yang diberikan penekanan secara khusus, tetapi tidak untuk air sisa yang berpunca dari pusat penyembelihan haiwan. Justeru itu, peraturan yang paling hampir dengan air sisa ini bolehlah dikategorikan sebagai effluen perindustrian sepertimana yang termaktub di dalam Peraturan-peraturan Kualiti Alam Sekeliling (Effluen Perindustrian) 2009, Akta Kualiti Alam Sekeliling 1974 (Akta 127).

Terdapat beberapa kaedah olahan air sisa yang berpunca dari pusat penyembelihan ayam yang telah digunakan untuk memastikan air sisa ini memenuhi kriteria dan piawaian sesebuah negara. Kaedah yang biasa digunakan untuk olahan air sisa penyembelihan haiwan ini adalah tapisan halus, pemendapan, penggumpalan-pengkelompokan, cucur penapis dan proses enapcemar teraktif (Bazrafshan *et al.*, 2012). Antara kaedah yang telah digunakan untuk olahan air sisa dari pusat penyembelihan haiwan adalah melalui kaedah penggumpalan dan pengkelompokan (Hejnfelt *et al.*, 2009; Amuda *et al.*, 2006; Al-Mutairi *et al.*, 2004; Salmien *et al.*, 2002; Manjunath *et al.*, 2000; Ruiz *et al.*, 1997), olahan menggunakan kaedah elektro-penggumpalan (Bayar, *et al.*, 2011; Budiyo *et al.*, 2010; Kobya, *et al.*, 2007; Bayramoglu *et al.*, 2006), gabungan olahan pengkelompokan dan elektropenggumpalan (Bazrafshan, *et al.*, 2012), olahan menggunakan kaedah elektropenggumpalan (Butler *et al.*, 2011) dan sebagainya.

Melalui beberapa penyelidikan, pengkajian yang lebih mendalam terhadap olahan air sisa dari pusat penyembelihan haiwan adalah sangat diperlukan bagi menjamin kualiti air sisa yang lebih selamat digunakan untuk kegunaan umum disamping memastikan persekitaran yang lebih bersih dan sihat (Al-Mutairi *et al.*, 2004).

1.2 Kepentingan Kajian

RUJUKAN

- Abeyesinghe, S. M., McKeegan, D. E. F., McLeman, M. A., Lowe, J. C., Demmers, T. G. M., White, R. P., Kranen, R. W., van Bommel, H., Lankhaar, J. A. C. & Wathes, C. M. (2007). Controlled atmosphere stunning of broiler chickens: I. Effects on behaviour, physiology and meat quality in a pilot scale system at a processing plant. *British Poultry Science*, 48, 406-423.
- Adhoum, N., Monser, I., Bellakhal, N. & Belgaied, J. E. (2004). Treatment of electroplating wastewater containing Cu^{2+} , Zn^{2+} and Cr(VI) by electrocoagulation. *Journal of Hazardous Material B112* (2004), 207-213.
- Agbeniga, B. (2012). *Influence of conventional and Kosher slaughter techniques in cattle on carcass and meat quality*. University of Pretoria. M.Sc. Thesis.
(<http://www.repository.up.ac.za/bitstream/handle/2263/26243/dissertation.pdf?sequence=1> diakses pada 1hb November 2015).
- Aguilar, M. I., Saez, J., Llorens, M., Soler, A., Ortuno, J. F., (2002). Nutrient removal and sludge production in the coagulation-flocculation process. *Water Resources*, 36, 2910-2919.
- Aji, B. A., Yavuz, Y. & Koparal, A. S. (2012). Electrocoagulation of heavy metals containing model wastewater using monopolar iron electrodes. *Separation and Purification Technology* 86 (2012), 248-254.
- Al-Mutairi, N.Z. (2009). Aerobic selectors in slaughterhouse activated sludge systems: A Preliminary investigation. *Bioresources Technology* 100(2009), 50-58.
- Al-Mutairi, N.Z., Hamoda, M.F. & Al-Ghusain, I. (2004). Coagulant selection and sludge conditioning in a slaughterhouse wastewater treatment plant. *Bioresources Technology* 95(2004), 115-119.

- Amuda, O. S. & Alade, A. (2006). Coagulation/flocculation process in the treatment of abattoir wastewater. *Desalination* 196 (2006) 22-31.
- Asselin, M., Drogui, P., Brar, S. K., Benmoussa, H. & Blais, J. F. (2008a). Effectiveness of electrocoagulation process in removing organic compounds from slaughterhouse wastewater using monopolar and bipolar electrolytic cells. *Chemosphere* 72 (2008), 1727-1733.
- Asselin, M., Drogui, P., Brar, S. K., Benmoussa, H. & Blais, J. F. (2008b). Organics removal in oily bilge water by electrocoagulation process. *Journal Hazardous Material* 151 (2008) 446-455.
- Banci Penduduk dan Perumahan Malaysia. (2010). *Laporan Kiraan Permulaan*. Malaysia: Jabatan Perangkaan Malaysia.
- Batstone, D., Keller, J., Newell, B. & Newland, M. (1997). Model development and full scale validation for anaerobic treatment of protein and fat based wastewater. *Water Science Technology*. 36, 423-431.
- Batstone, D. J., Keller, J., Newell, R. B. & Newland, M. (2000a). Modelling anaerobic degradation of complex wastewater. II: Parameter estimation and validation using abattoir effluent. *Bioresource Technology*. 75, 75-85.
- Batstone, D. J., Keller, J., Newell, R. B. & Newland, M. (2000b). Modelling anaerobic degradation of complex wastewater. I: model development. *Bioresource Technology*. 75, 67-74.
- Bayar, S., Yildiz, Y. S., Yilmaz, A. E. & Irdemez, S. (2011). The effect of stirring speed and current density on removal efficiency of poultry slaughterhouse wastewater by electrocoagulation method. *Desalination* 280 (2011) 103-107.
- Bayramoglu, M., Kobya, M., Eyvaz, M. & Senturk, E. (2006). Technical and economic analysis of electrocoagulation for the treatment of poultry slaughterhouse wastewater. *Separation and Purification Technology* 51 (2006) 404-408.
- Bazrafshan, E., Mostafapour, F. K., Farzadkia, M., Ownagh, K. A. & Mahvi, A. H. (2012). Slaughterhouse Wastewater Treatment by Combined Chemical Coagulation and Electrocoagulation Process. *PLoS ONE* 7(6): e40108. doi:10.1371/journal.pone.0040108.

- Belogia, B. M., Haworth, P. D., Baygents, J. C. & Raghvan, S. (1999). Treatment of alumina and silica chemical mechanical polishing waste by electrodecantation and electrocoagulation. *J. Electrochem. Soc.* 146 (1999), 4124-4130.
- Bickers, P. O. & Oostrom, A. J. V. (2000). Availability for denitrification of organic carbon in meat-processing waste streams. *Bioresource Technology*. 73, 53-58.
- Borja, R., Banks, C. J., Wang, Z. & Mancha, A. (1998). Anaerobic digestion of slaughterhouse wastewater using a combination sludge blanket and filter arrangement in a single reactor. *Bioresource Technology*. 65, 125-133.
- Borja, R., Duran, M. M. & Martin, A. (1993). Influence of the support on the kinetics of anaerobic purification of slaughterhouse wastewater. *Bioresource Technology*. 44, 57-60.
- Budiyono, Widiassa, I. N. & Johari, S. (2010). Study on Treatment of Slaughterhouse Wastewater by Electro-coagulation Technique. *International Journal of Science and Engineering Vol. 1(1)*: 25-28 July 2010
- Butler, E., Hung, Y. T., Yeh, R. Y. L. & Al-Ahmad, M. S., (2011). Electrocoagulation in Wastewater Treatment. *Water* 2011, 3, 495-525; doi:10.3390/w3020495.
- Che Man, Y. B. & Sazili, A. Q., (2010). Food production from the halal perspective. In Isabel-Guerrero-Legarreta (Ed.). *Handbook of Poultry Science and Technology: Primary Processing, Vol.1* (pp.183-215).
- Chen, G. (2004). Electrochemical technologies in wastewater treatment. *Separations and Purifications Technology* 38 (2004) 11-41.
- Chen, X., Chen, G. & Yue, P. L. (2000). Separation of pollutants from restaurant wastewater by electrocoagulation. *Separation and Purification Technology* 19 (2000), 858-863.
- Chou, W. L., Wang, C. T. & Huang, K. Y. (2009). Effect of operating parameters on indium (III) ion removal by iron electrocoagulation and evaluation of specific energy consumption, *Journal Of Hazardous Materials* 167 (1-3)(2009), 467474.
- Caixeta, C. E. T., Cammarota, M. C. & Xavier, A. M. F. (2002). Slaughterhouse wastewater treatment: evaluation of a new three-phase separation system in a UASB reactor. *Bioresurce Technology*. 81, 61-69.

- Davis, K. (1996). *Prisoned chickens, poisoned eggs: An inside look at the modern poultry industry*. Summertown, Tennessee, USA: Book Publishing Company, 105-124.
- Debik, E. & Coskun, T. (2009). Use of the Static Granular Bed Reactor (SGBR) with anaerobic sludge to treat poultry slaughterhouse wastewater and kinetic modelling. *Bioresour. Technol.* 100 (2009) 2777-2782.
- El-Ashtoukhy, E-S. Z., El-Taweell, Y. A., Abdelwahab, O. & Nassef, E. M. (2013). Treatment of petrochemical wastewater containing phenolic compounds by electrocoagulation using a fixed bed electrochemical reactor. *Int. J. Electro Chem. Sci* 8, 1534-1550.
- Emamjomeh, M. & Sivakumar, M. M. (2009). Fluoride removal by a continuous flow electrocoagulation reactor. *Journal Of Environmental Management* 90, 1204-1212
- EPA, U.S.(2002). The National Water Quality Inventory : Report To Congress For The 2002. *Reporting Cycle – A Profile*. Washington, DC: United States Environmental Protection Agency (EPA).
- Essadki, A. H., Bennajah, M., Gourich, B., Vial, C., Azzi, M. & Delmas, H. (2008). Electrocoagulation/electroflotation in an external-loop airlift reactor– Application to the decolorization of textile dye wastewater: A case study. *Chemical Engineering and Processing* 47 (2008), 1211-1223.
- Faiqun, M., Ni'am, I., Othman, F., Sohaili, J., & Fauzia, Z. (2007). Removal of COD and turbidity using electrocoagulation technique. *The Malaysian Journal Of Analytical Sciences, Vol 11, No 1* (2007):198-205.
- Farouk, M. M. (2013). Advances in the industrial production of halal and kosher red meat. *Meat Science*, 95, 805-820.
- Farouk, M. M., Al-Mazeedi, H. M., Sabow, A. B., Bekhit, A. E. D., Adeyemi, K. D., Sazili, A. Q. & Ghani, A. (2014). Halal and kosher slaughter methods and meat quality: A review. *Meat Science* 98 (2014) 505-519.
- Fernandez –Lopez, J., Sendra-Nadal, E. & Sayas-Barbera, E. (2010). Slaughtering equipment and operation. In Isabel-Guerrero-Legarreta (Ed.). *Handbook of Poultry Science and Technology: Primary Processing, Vol.1*. (pp79-100). New Jersey, USA: John Wiley & Sons. Inc.

- Fletcher, D. L., (1993). Stunning of broilers. *Broiler Industry*, 56, 40-46.
- Ghosh, D., Solanki, H. & Purkait, M. K. (2008). Removal of Fe(II) from tap water by electrocoagulation technique. *Journal of Hazardous Materials* 155 (1-2)(2001): 29-41.
- Grandin, T. (2013). Evaluation of methods of restraint for holding (fixation) of cattle, calves and sheep for Kosher and Halal slaughter.
- <http://www.grandin.com/ritual/evaluation.restraint.methods.kosher.halal.html>
(diakses pada 2hb Disember 2015).
- Gregory, N. G. (2005). Recent concerns about stunning and slaughter. *Meat Science*, 70, 481-491.
- Gregory, N. G. & Wilkins, L. J., (1989). Effect of stunning current on down grading in turkeys. *British Poultry Science*, 30, 761-764.
- Hamdan, A., Shazuani, M. S., Ahmad, S. & Idris, A. B. (2012). Taburan dan Kelimpahan Parasitoid Lalat Rumah (Hymenoptera: Chalcidoidea) di Ladang Ternakan Ayam di Semenanjung Malaysia. *Sains Malaysiana* 41(9)(2012): 1087-1093.
- Hammer, M. J. & Jacobson, C. D. (1970). Anaerobic lagoon treatment of packing house wastewater. In: *Proceedings of the 2nd International Symposium for Water Treatment Lagoons*, Kansas City. MO. pp.347-354.
- Hejnfelt, A. & Angelidaki, I. (2009) Anaerobic digestion of slaughterhouse byproducts. *Biomass and Bioenergy* 33 (2009) 1046-1054.
- Henze, M. & Harremoes, P. (1983). Anaerobic treatment of wastewater in fixed film reactors-a literature review. *Water Science Technology* 15, 1-14.
- Ilhan, F., Kurt, U., Apaydin, O. & Gonullu, M. T. (2008). Treatment of leachate by electrocoagulation using aluminium and iron electrodes. *Journal of Hazardous Materials* 154 (2008), 381-389.
- Ismail, J. & Abdul Hamid, N. (2011). Ayam Organik Alternatif Daging Putih kepada Pengguna untuk Kesihatan yang Lebih Baik: Satu Tinjauan Literatur. *Jurnal Sains Kesihatan Malaysia* 9 (2) 2011:35-43.

- Jayaraman, K., Munira, H., Chowdhury, D. & Iranmanesh, M. (2013). The preference and consumption of chicken lovers with race as a moderator-An empirical study in Malaysia. *International Food Research Journal* 20(1): 165-174 (2013).
- Johns, M.R. (1995). Developments in wastewater treatment in the meat processing industry: a review. *Bioresource Technology*. 54(1): 203-216.
- Kim, T. H., Park, C., Lee, J., Shin, E. B. & Kim, S. (2002). Pilot scale treatment of textile wastewater by combined process (fluidized biofilm process- chemical coagulation– electrochemical oxidation), *Water. Resources*. 36, 3979-3988.
- Kitazono, Y., Ihara, I., Yoshida, G., Toyoda, K. & Umetsu, K. (2012). Selective degradation of tetracycline antibiotics present in raw milk by electrochemical method. *Journal of Hazardous Materials* 243 (2012), 112-116.
- Kobya, M., Bayramoglu, M. & Eyvaz, M. (2007). Techno-economical evaluation of electrocoagulation for the textile wastewater using different electrode connections. *Journal of Hazardous Materials* 148 (2007) 311-318.
- Kobya, M., Hiz, H., Senturk, E., Aydinler, C. & Demirbas, E. (2006a). Treatment of potato chips waste water by electrocoagulation. *Desalination* 190 (2006), 2012-211.
- Kobya, M., Senturk, E. & Bayramoglu, M. (2006b). Treatment of poultry slaughterhouse wastewaters by electrocoagulation. *Journal of Hazardous Materials* B133 (2006) 172-176.
- Kobya, M., Can, O. T. & Bayramoglu, M. (2003). Treatment of textile wastewaters by electrocoagulation using iron and aluminum electrodes. *Journal of Hazardous Materials* B100, 163–178.
- Kurniawan, T. A., Chan, G. Y. S., Lo, W. H. & Babel, S. Physico-chemical treatment techniques of wastewater laden with heavy metals. *Chem. Eng. J.* 118 (2006), 83-98
- Lambooi, E., Pieterse, C., Hillebrand, S. & Dijksterhuis, G. (1999). The effects of captive bolt and electrical stunning and restraining methods on broiler meat quality. *Poultry Science*, 78, 600-607.

- Lambooi, E., van der Werf, J. T. N., Reimert, H. G. M. & Hindle, V. A. (2012). Restraining and neck cutting or stunning and neck cutting of veal calves. *Meat Science*, 91, 22-28.
- Malakootian, M. & Yousefi, N. (2009). The efficiency of electrocoagulation process using aluminum electrodes in removal of hardness from water, *Iranian Journal of Environmental Health Science & Engineering*, 6(2) : p131
- Malaysia (1974). *Akta Kualiti Alam Sekeliling (Akta 127)*, *Peraturan-peraturan Kualiti Alam Sekeliling (Efluen Perindustrian) 2009*: P. U. (A) 434.
- Malaysia Indikator Pertanian Terpilih. (2014). Malaysia: Jabatan Perangkaan Malaysia. ISSN 2289-2257.
- Manjunath, N. T., Mehrotra, I. & Mathur, R. P. (2000). Treatment of wastewater from slaughterhouse by DAF-UASB System. *Water Resources Vol.34*, 19301936.
- Marriott, N. G., (1999). *Principles of Food Sanitation*. Aspen, Gaithersburg. MD. USA p364.
- Martínez-Villafa, J. F., Montero-Ocampo, N, C. & García-Lara, A. M. (2009) Energy and electrode consumption analysis of electrocoagulation for the removal of arsenic from underground water. *Journal Of Hazardous Materials* 172,1617–1622.
- Masse', D.I., Masse', L. (2000). Characterization of wastewater from hog slaughterhouses in Eastern Canada and evaluation of their in-plant wastewater treatment systems. *Canadian Agriculture Engineering*. 42 (3): 139–146.
- Matteson, M. J., Dobson, R. L., Glenn, R. W., Kukunoor, N. S., Waits, W. H. & Clayfield, E. J. (1995). Electrocoagulation and separation of aqueous suspensions of ultrafine particles. *Colloids And Surfaces A: Physicochemical And Engrg. Aspects*. 104: 101–109.
- McKeegan, D. E. F., Abeyesinghe, S. M., McLeman, M. A., Loer, J. C., Demmers, T. G. M., White, R. P., Kranen, R. W., Van Bommel, H., Lankhaar, J. A. C. & Wathes, C. M. (2007). Controlled atmosphere stunning of broiler chickens: II. Effects on behaviour , psysiology and meat quality in a commercial processing plant . *British Poultry Science*, 48, 430-442.

- Mollah, M. Y. A., Morkovsky, P., Gomes, J. A. G., Kesmez, M., Parga, J. & Cocke, D. L. (2004a). Fundamentals, present and future perspectives of electrocoagulation. *Journal Hazardous Material B 114* (2004), 199-210.
- Mollah, M. Y. A., Pathak, S. R., Patil, P. K., Vayuvegula, M., Agrawal, T. S., Gomes, J. A. G., Kesmez, M. & Cocke, D. L. (2004b). Treatment of orange II azo-dye by electrocoagulation (EC) technique in a continuous flow cell using sacrificial iron electrodes. *Journal Hazardous Material B 109* (2004), 165-171.
- Mollah, M. Y. A., Schennach, R., Parga, J. R. & Cocke, D. L. (2000). Electrocoagulation (EC) –Science and applications. *Journal of Hazardous Material*. 2001. 84(1): 29–41.
- Mouedhen, G. M., Feki, M., Wery, D. P. & Ayedi, H. F. (2008) Behavior of aluminum electrodes in electrocoagulation process. *Journal of Hazardous Material 150*, 124-135.
- Mittal, G. S. (2006). Treatment of wastewater from abattoirs before land application: a review. *Bioresource Technology 97* (2006) 1119-1135.
- Naje, A. S. & Abbas, S. A. (2013). Electrocoagulation Technology in Wastewater Treatment: A Review of Methods and Applications. *The International Institute for Science, Technology and Education (IISTE) Journals*. Vol.3, No.11, 2013.
- Nakyinsige, K., Che Man, Y. B., Aghwan, Z. A., Zulkifli, I., Goh, Y. M., Abu Bakar, F., Al-Kahtani, H. A. & Sazili, A. Q. (2013). Stunning and animal welfare from Islamic and scientific perspectives. *Meat Science, 91*, 207-214.
- Ni'am M. F., Balasubramaniam N. & Madhavan K. (2007). Arsenic removal from industrial effluent through electrocoagulation. *Journal Chemical Eng. Technol.* Vol 24(1): pp. 519-521.
- Nunez, L. A., Fuente, E., Martinez, B. & Garcia, P. A. (1999). Slaughterhouse wastewater treatment using ferric and aluminium salts and organic polyelectrolites. *J. Environ. Sci. Health A 34*(3), 721-736.
- Nunez, L. A. & Martinez, B. (1999). Anaerobic treatment of slaughterhouse wastewater in an expanded granular sludge bed (EGSB) reactor. *Water Science Technology 40*(8), 99-106.

OIE. (2007). Guidelines for the slaughter of animals. Terrestrial Animal Health Code. (Appendix 3.7.5)

Panizza, M., Bocca, C. & Cerisola, G. (2000). Electrochemical treatment of wastewater containing polyaromatic organic pollutants. *Water Resources* 34(9)(2000), 2601-2605.

Portal Rasmi, Jabatan Perkhidmatan Veterinar, Kementerian Pertanian dan Industri Asas Tani Malaysia. (2015). Malaysia: Bilangan ternakan 2009-2013. Diakses pada 30hb November, 2015, dari <http://www.dvs.gov.my/>

Portal Rasmi, Jabatan Perkhidmatan Veterinar, Kementerian Pertanian dan Industri Asas Tani Malaysia. (2015). Malaysia: Penggunaan per kapita hasil ternakan 2004-2013. Diakses pada 30hb November, 2015, dari <http://www.dvs.gov.my/>
Portal Rasmi, Jabatan Perkhidmatan Veterinar, Kementerian Pertanian dan Industri Asas Tani Malaysia. (2015). Malaysia: Pengeluaran hasil ternakan 2004-2013. Diakses pada 30hb November, 2015, dari <http://www.dvs.gov.my/>

Pouet, M. F. & Grasmick, A. (1995). Urban wastewater treatment by electrocoagulation and flotation. *Water Science Technology* 31 (1995), 275283.

Rahmani, A. (2008). Removal of water turbidity by the electrocoagulation method. *J Res Health Sci*, Vol. 8, No. 1, p. 18-24

Rajeshwar, K., Ibanez, J. & Swain, G. M. (1994). Electrochemistry and the environmental. *J. Appl. Electrochem.* 24 (1994), 1077-1091.

Raju, G. B., Karuppiah, M. T., Latha, S. S., Parvathy, S. & Prabhakar, S. (2008). Treatment of wastewater from synthetic textile industry by electrocoagulationelectrooxidation. *Chemical Engineering Journal* 144 (2008), 51-58.

Reynolds, T. M. & Richards, P. A. (1996). *Unit operation and process in environmental engineering*. Boston. Pws Publishing Company.

Rivera, F., Warren, A., Curds, C. R., Robles, E., Gutierrez, A., Gallegos, E. & Calderon, A. (1997). The application of the root zone method for the treatment and reuse of high-strength abattoir waste in Mexico. *Water Science Technology*. 35(5), 271-278.

- Rodrigo, M. A., Canizares, P., Bultron, C. & Saez, C. (2010). Electrochemical technologies for the regeneration of urban wastewaters. *Electrochim. Acta* 55, 8160-8164.
- Rui, L. M., Daud, Z. & Abdul Latif, A. A. (2012). Treatment of leachate by coagulation-flocculation using different coagulants and polymer: A review. *International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology* Vol. 2(2012), No.2.
- Ruiz, I., Veiga, M. C., de Santiago, P. & Blazquez, R. (1997). Treatment of slaughterhouse wastewater in a UASB reactor and an anaerobic filter. *Bioresource Technology* 60 (1997) 251-258.
- Saleem, M., Bukhari, A. A. & Akram, M. N. (2011). Electrocoagulation for the treatment of wastewater for reuse in irrigation and plantation. *Journal of Basic and Applied Sciences* 7(1), 11-20.
- Salmien, E. & Rintala, J. (2002). Anaerobic digestion of organic solid poultry slaughterhouse waste – a review. *Bioresource Technology* (2002) 13-26.
- Sarala, C. (2012). Domestic wastewater treatment by electrocoagulation with Fe-Fe electrodes. *India Andhra Pradesh* 4, 530-533.
- Sayed, S. & de Zeeuw, W. (1988). The performance of a continuously operated flocculent sludge UASB reactor with slaughterhouse wastewater. *Biol. Wastes* 24. 199-212.
- Sayed, S. K. I., van der Spoel, H. & Truijen, G. J. P. (1993). A complete treatment of slaughterhouse wastewater combined with sludge stabilization using two stage high rate UASB process. *Water Science Technology*. 27(9), 83-90.
- Sayed, S., van-Campen, L. & Lettinga, G. (1987). Anaerobic treatment of slaughterhouse waste using a granular sludge UASB reactor. *Biol. Wastes* 21. 11-28.
- Song, J., Yao, Z., He, J. Qiu, J. & Chen, (2008). Effect of operational parameters on the decolonization of C.I Reactive Blue 19 aqueous solution by ozoneenhanced electrocoagulation. *Journal Of Hazardous Materials* 152, 204–210 Standard method for the examination of water and wastewater (APHA, 2005).

Standard method for the examination of water and wastewater (APHA, AWWA & WEF, 2012).

Summers, J. (2006). Fact sheets of the poultry industry. No.14, Toronto, Ontario, Canada: Council of Canada.

Tey, J. Y. S., Shamsudin, M. N., Mohamed, Z., Abdullah, A. M. & Radam, A. (2008). Demand for meat products in Malaysia. *Munich Personal RePEc Archive (MPRA)*, Paper No. 15034.

Tritt, W. P., (1992). The anaerobic treatment of slaughterhouse wastewater in fixedbed reactors. *Bioresource Technology*. 41, 201-207.

Ukiwe, L. N., Ibeneme, S. I., Duru, C. E., Okolue, B. N., Onyedika G. O. & Nweze, C. A. (2014). Chemical and electrocoagulation techniques in coagulationflocculation in water and wastewater treatment – a review. *IJRRAS* 18(3).

Ün, Ü. T. & Aytac, E. (2013). Electrocoagulation in packed bed reactor-complete treatment of color and COD from real textile wastewater. *Journal of Environmental Management* 123, 113-119.

Ün, Ü. T., Koparal, A. S. & Ögutveren, Ü. B. (2009a). Electrocoagulation of vegetable oil refinery wastewater using aluminum electrodes. *Journal of Environmental Management* 90 (2009), 428-433.

Ün, Ü. T., Koparal, A. S. & Ögutveren, Ü. B. (2009b). Hybrid processes for the treatment of cattle-slaughterhouse wastewater using aluminum and iron electrodes. *Journal of Hazardous Materials* 164 (2009) 580-586.

Ün, Ü. T., Ugur, S., Koparal, A. S. & Ögutveren, Ü. B. (2006). Electrocoagulation of olive mill wastewaters. *Separation and Purification Technology* 52 (2006), 136-141.

US-EPA. (2002). Environmental assessment of proposed effluent limitations guidelines and standards for the meat and poultry products industry point source. EPA-821-B-01008, Office of Water, US Environmental Protection Agency, Washington, DC.

Vik, E. A., Carlson, D. A., Eikun, A. S. & Gjessing, E. T. (1984). Electrocoagulation of potable water. *Water Resource* 18 (1984) 1355-1360.

- Viraraghavan, T. & Varadarajan, R. (1995). Kinetics of anaerobic filter treatment of wastewaters. *J. Environ. Science Health A* 30 (7), 1523-1542.
- Viraraghavan, T. & Varadarajan, R. (1996). Low temperature kinetics of anaerobic filter wastewater treatment. *Bioresource Technology* 57, 165-171.
- Velarde, A., Rodriguez, P., Dalmau, A., Fuentes, C., Llonch, P., von Holleben, K. V., Anil, M. H., Lambooi, J. B., Pleiter, H., Yesildere, T. & Cenci-Goga, B. T. (2014). Religious slaughter: Evaluation of current practices in selected countries. *Meat Science*, 96, 278-287.
- Wan Abdul Manan, W. M., Nur Firdaus, I., Safiah, M. Y., Siti Haslinda, M. D., Poh, B. K., Norimah, A. K., Azmi, M. Y., Tahir, A., Mirnalini, K., Zalilah, M. S., Fatimah, S., Siti Norazlin, M. N. & Fasihah, W. (2012). Meal Patterns of Malaysian Adults: Findings from the Malaysian Adults Nutrition Survey (MANS). *Malaysia Journal Nutrition* 18(2): 221-230, 2012.
- Yahaya, I. (2013). *Kajian Keberkesanan Olahan Larut Lesapan Menggunakan Elektrod Aluminium dan Ferum dalam Sistem Elektro-penggumpalan*. Universiti Tun Hussein Onn Malaysia: Tesis Ijazah Sarjana.
- Zaieda, M. & Bellakhal, N. (2009). Electrocoagulation treatment of black liquor from paper industry. *Journal Hazardous Material* 163 (2009), 995-1000.
- Zaroual, Z., Azzi, M., Saib, N. & Chainet, E. (2006). Contribution to the Study of electrocoagulation mechanism in basic textile effluent, *Journal of Hazardous Material*. 131: 73–78.
- Zodi, S., Potier, O., Lapique, F. & Leclerc, J. P. (2009) Treatment Of Textile Wastewaters By Electrocoagulation: Effect Of Operating Parameter On The Sludge Settling Characteristic. *Separation And Purification Technology* 69, 29-36